

# RESPUESTA AGRONÓMICA DE KRY SOL DE TIMAC AGRO COMO FUENTE COMPLEMENTARIA DE POTASIO EN EL CULTIVO DE LOS CÍTRICOS

Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias  
Carretera Moncada-Náquera km 4.5,  
46113 Moncada (Valencia)

## 1. INTRODUCCIÓN

**1.1. El potasio en la planta.** El potasio es un elemento esencial que se encuentra en las plantas, principalmente, como ion  $K^+$ , procedente de las sales inorgánicas solubles, o en menor proporción en las sales de ácidos orgánicos. Este nutriente no es constituyente de ninguna de las estructuras o compuestos de la planta. A pesar de ello, son indispensables grandes cantidades de este elemento para el desarrollo vegetativo y, sobre todo, para la fructificación. En cuanto a su movilidad en la planta, presenta un comportamiento muy similar al del N, P y Mg, redistribuyéndose con facilidad de los órganos viejos a los jóvenes, dado su alta solubilidad y baja afinidad por los ligandos orgánicos, de los que fácilmente se intercambia.

Las funciones del potasio son tan numerosas y complejas que, hasta ahora, muchas de ellas no son bien conocidas. Se sabe que juega un papel vital en el proceso de la fotosíntesis y en la activación de más de 60 sistemas enzimáticos. En contraste con otros elementos que están envueltos en la formación de estructuras de la célula, el K funciona en el jugo celular. Su alta movilidad permite

que se traslade rápidamente de célula a célula, o de tejido viejo a tejido nuevo en desarrollo, o a órganos de almacenamiento. Otra función básica, es la de regular la entrada de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) y de oxígeno ( $O_2$ ) en el tejido de la hoja, a través de los estomas, cuya función de abrirse y cerrarse está regulada por este elemento. En plantas bien provistas de K se incrementa el número y tamaño de estomas por unidad de área facilitando, de esta manera, el intercambio gaseoso. Además, este elemento posee una función general como regulador del agua en las células vegetales, participando en el reajuste osmótico de plantas sometidas a estrés hídrico. Por último, se conoce al potasio como el nutriente que mejora la calidad del fruto, debido a sus importantes efectos sobre el color, tamaño, azúcares y acidez.

**1.2. El potasio en el suelo.** La mayoría de los suelos de textura fina tienen, inicialmente, suficiente potasio para obtener rendimientos aceptables. Sin embargo, los suelos arenosos tienen por naturaleza bajo contenido en K. Los suelos pueden empobrecerse en este catión como resultado de su extracción por el aumento de la producción, así como, por el descuido en el aporte de potasio después de la aplicación de altas dosis de nitrógeno, fósforo y magnesio. Algunos factores que influyen en la disponibilidad del potasio para las plantas son:

a). Cantidad y tipo de arcillas, pH, estructura del suelo y contenido en agua (la mala estructura, la compactación y el encharcamiento del suelo reducen la absorción del K por las raíces).

b). Magnesio del agua de riego. Cuando el contenido en magnesio del agua es elevado se pueden originar pérdidas notables del potasio asimilable por intercambio catiónico con el magnesio, debido al antagonismo entre ambos iones a nivel de la absorción radicular (Legaz *et al.*, 1997).

**1.3. La nutrición vía foliar.** La mayoría de los nutrientes no gaseosos que precisan las plantas son suministrados por vía radicular. Además, la mayoría de los órganos son capaces de absorber nutrientes en forma iónica de las soluciones aplicadas (Wittwer, 1963). El aporte de nutrientes a través de las hojas es relativamente bajo, por ello la práctica de la nutrición foliar se usa como complemento y no como sustitutiva de la fertilización vía suelo. Sin embargo, esta práctica es altamente beneficiosa en los casos siguientes:

1. Cuando la planta requiere elementos que pueden ser inmovilizados por el suelo.

2. Cuando las deficiencias se detectan en estados avanzados del crecimiento y es esencial una respuesta rápida.



3. Cuando la actividad de la raíz se ve afectada por factores adversos (baja temperatura del suelo, pobre aireación, encharcamiento, nemátodos, etc.), la planta no dispone de suficientes nutrientes en momentos críticos de su ciclo vegetativo.

En el presente estudio se pretendió evaluar la respuesta agronómica de un complejo especial rico en potasio (Krysol: 3-0-50) adicionado por vía foliar o por vía suelo a un complejo estándar de referencia (compuesto con abonos simples tradicionales) aplicado en riego a goteo. Para ello, se analizaron los parámetros siguientes: composición mineral de las hojas de la brotación de primavera, índice de SPAD, clorofilas, crecimiento estacional del fruto, producción y calidad del fruto.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### Condiciones experimentales.

Este ensayo se llevó a cabo en una parcela comercial situada en Puzol (Valencia) con árboles adultos de Clementina Nules (*Citrus sinensis* x *Poncirus trifoliata*) injertados sobre citrange Carrizo (*Citrus sinensis* x *Poncirus trifoliata*). El marco de plantación es de 3,5 x 5,6 m, esto supone 510 árboles por hectárea. El suelo era de carácter básico (pH = 8,2), con contenidos bajos en carbonato cálcico (8%) y caliza activa, de textura franco-arenosa. Los niveles de fósforo, potasio y la relación potasio/magnesio en el suelo se encuentran en el rango óptimo (Legaz y Primo-Millo, 1988).

El riego se efectuó con un sistema localizado a goteo con 2 líneas porta-goteros por hilera y 8 goteros autocompensantes por árbol, con un caudal de 4 L h<sup>-1</sup>. La evapotranspiración del cultivo (ETc) fue de 5.497±165 m³ para los 4 años. La ETc se calculó de acuerdo con la expresión ETc = ETo x Kcmedio (Aboukhaled *et al.*, 1982). La ETo se determinó con los valores de la es-

tación agroclimática del IVIA (Moncada). El coeficiente de cultivo medio (Kcmedio), correspondiente a las condiciones experimentales, se calculó en función del porcentaje medio de área sombreada (PAS = 49,4%) y el diámetro medio de la copa (3,25 m). De modo que el Kcmedio = 0,021+(0,005xPAS)=0,521 (de acuerdo a fórmula descrita por Castel, 1991). Las dosis y distribución estacional de los abonos se efectuó en función de los criterios de nutrición y fertilización establecidos por Quiñones *et al.* (2007) y Legaz *et al.* (2008). Las dosis medias de abonos del periodo de estudios (4 años) en g por árbol fueron las siguientes: N (502±72), P2O5 (122±23), K2O (400±68) y Fe (2,8±0,9).

El nitrógeno se aplicó en diferentes formas: nítrica (nitrato potásico) y nítrico amoniacal (nitrato amónico) y aportado con el agua de riego. La cantidad de N que aportó el agua de riego se calculó con la fórmula descrita por Legaz *et al.* (2007).

$$g \text{ N árbol}^{-1} = NO_3^- \times Vr \times 22,6 \times F$$

Siendo:

NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: Concentración de nitrato en el agua de riego expresado en mg L<sup>-1</sup>.

Vr: Volumen total de riego en L-árbol<sup>-1</sup>.

22,6: Porcentaje de N en el ión nitrato.

F: Factor que depende de la eficiencia del riego y considera la pérdida de agua por escorrentía o percolación por debajo del sistema radical. Para el riego por goteo se puede estimar de 0,8 a 0,9 (para el ensayo se consideró 0,9).

La concentración media del ión nitrato del agua de riego del pozo de Campo Aníbal durante los 4 años del ensayo año fue 261±14 mg L<sup>-1</sup>. Los valores del pH (7,5±0,2), de la conductividad eléctrica (2,0±0,1 mS cm<sup>-1</sup>) y del Mg (95±5 mg L<sup>-1</sup>).

El fósforo se suministró en forma de ácido fosfórico, el potasio como nitrato potásico y el hierro en forma de EDDHA. Debido al elevado contenido en ión Mg en el agua de riego no se precisó aportar fertilizantes magnésicos (Legaz *et al.*, 2008). Todos los fertilizantes aplicados son solubles al agua y se suministraron por vía suelo mediante bombas inyectoras. El cinc y el manganeso se aplicaron por vía foliar.

**Tratamientos.** El estudio se diseñó en bloques al azar de 8 árboles, con 4 repeticiones por tratamiento y se mantuvo durante cuatro años (2008 a 2010). Se aplicaron 5 tratamientos:

**T0 (control).** Las plantas se fertirrigaron con un complejo estándar compuesto con los abonos tradicionales expuestos anteriormente.

**T1.** Las plantas se fertirrigaron con el complejo (To) + 30 Kg/ha de Krysol III (3-0-50) en 2 aplicaciones puntuales (50% de la dosis en cada aporte). La primera, finalizado el cuajado del fruto (sobre el 5 de julio) y la segunda cuando éste alcanzó la mitad de su tamaño final (sobre el 5 de septiembre).

**T2.** Las plantas se fertirrigaron con el complejo (To) + Krysol al 0,3%.

**T3.** Las plantas se fertirrigaron con un complejo (To) + Krysol al 0,6%.

**T4.** Las plantas se fertirrigaron con el complejo (To) + nitrato potásico al 0,6%.

Las aplicaciones de los tratamientos: T2, T3 y T4 se efectuaron en 2 aplicaciones foliares puntuales, 15 días después de cada una de las aplicaciones del Krysol por vía suelo, de modo que la primera se hizo el 20 de julio y la segunda, el 20 de septiembre. Durante dos primeros años del ensayo (2008 y 2009) se aplicaron los tratamientos T0, T1 y T2, y en



los dos últimos (2010 y 2011) se consideró conveniente duplicar la dosis de Krysol (T3) y su comparación con nitrato potásico (T4). Los 30 Kg de Krysol se aplicados a 35 árboles suministraron de  $K_2O$  de 29,4 g por árbol. Con las dos pulverizaciones se aplicó a cada árbol 18,5±1,4 y 18,5±1,3 L de caldo para el Krysol al 0,3 y 0,6%, respectivamente, y de 19,9±1,2 L para el nitrato potásico al 0,6%. De acuerdo a estos volúmenes medio anuales, a cada árbol se le aportó 27,8 y 55,6 g de  $K_2O$  con las dosis de Krysol y 54,6 g  $K_2O$  con el nitrato de potasio.

**Crecimiento estacional del fruto.** Finalizado el período de cuajado (final de junio), se iniciaron las medidas del crecimiento del fruto hasta su madurez (final octubre). Para ello, se seleccionaron 3 árboles por repetición y se etiquetaron 4 frutos en cada uno de ellos (12 frutos por repetición), este seguimiento se llevó a cabo durante los años 2009 y 2010. El diámetro ecuatorial del fruto se midió con un pie de rey (Mitutoyo CD-15D) con una frecuencia en torno a 10 días.

**Toma de muestras de material vegetal y control de la producción.** Para evaluar la influencia de los tratamientos sobre la concentración foliar de los elementos nutritivos, índice de SPAD (este parámetro estima de manera indirecta el contenido en clorofilas de las hojas a través del color verde de las mismas) y la concentración de clorofilas se tomaron muestras de hojas de la brotación-floración de primavera sin fruto terminal, según las especificaciones recomendadas por Legaz *et al.* (1995). Se llevaron a cabo 4 muestreos entre el 21 y 30 de noviembre de cada año.

Para determinar los calibres comerciales y la calidad del fruto se tomaron al azar 104 frutos por cada repetición (13 frutos por árbol), lo que supuso 416 frutos por tratamiento. Los frutos se muestrearon el 24, 2

y 8 de noviembre en los años 2008, 2009 y 2010, respectivamente, y el 1 de diciembre en 2011. La fecha del muestreo se debió más que al estado de madurez del fruto, a la demanda de fruta y a los precios del mercado. La notable diferencia entre fechas influye de forma considerable en algunos parámetros (contenido de azúcares, acidez e índice de color). Siempre se muestreo inmediatamente antes de iniciar la recolección. Posteriormente, y en cada año se pesó la cosecha de los 8 árboles de cada repetición.

**Procedimientos analíticos.** Las hojas muestreadas se lavaron y secaron en estufa a 65 °C; posteriormente, se determinó la concentración de N mediante el método semimicro de Kjeldahl descrito por Bremner (1965). Para la analítica de los restantes macros, así como de los micronutrientes, se utilizó un espectrómetro de emisión atómica con fuente de plasma de acoplamiento inductivo, ICP ICAP-6000, de la empresa Thermo Scientific (Cambridge, UK).

El índice de SPAD se midió mediante un equipo Minolta 502. Los valores de este índice se obtuvieron como media de 3 lecturas por hoja realizadas en la parte más ensanchada del limbo a los lados de la nervadura central con 8 hojas por repetición. Las hojas en la que se midió el índice de SPAD se liofilizaron y trituraron para la extracción de las clorofilas. La determinación de las clorofilas a y b se midió a 647 y 664 nm de longitud de onda, respectivamente, con un espectrofotómetro UV-VIS (Lambda 25, Perkin Elmer).

Para determinar los parámetros de calidad del fruto, se tomó una muestra representativa de 25 frutos por cada repetición, número representativo según Harding (citado por González Sicilia, 1968).

Los calibres se midieron en los

104 frutos recolectados por muestra y de éstos se tomaron, al azar, 50 frutos para el análisis de la calidad del fruto. El zumo de los frutos se extrajo bajo presión constante con un exprimidor mecánico (Lomi). El total de sólidos solubles (°Brix) se determinó con un refractómetro (Atago PR-32) y la acidez por valoración con NaOH 0,1 N. El índice de color de los frutos se calculó determinando los parámetros "L", "a" y "b" por el método descrito por Jiménez Cuesta *et al.* (1981).

**Análisis estadístico.** La significación de los tratamientos en este ensayo se analizó a través del análisis de varianza (ANOVA) y la comparación entre medias mediante el test LSD-Fisher al 95% de nivel de confianza. Ambos se realizaron con el programa estadístico Statgraphics Plus version 5.1 (Statistical Graphics, Englewood Cliffs, NJ).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**a. Concentración foliar de nutrientes.** En las tablas 1a y 1b se exponen los resultados de la concentración de macro y micronutrientes, respectivamente, en hojas brotación de la primavera. Los tratamientos sólo influyeron de forma significativa en la concentración de los macronutrientes K, Ca y Na en los 4 años de estudio.

En 2010, el Krysol aplicado al 0,6% aumentó de forma significativa el nivel foliar de K en relación a los restantes tratamientos y produjo una reducción significativa en la concentración de Ca con respecto al control y al Krysol aplicado por suelo. En 2011, las aplicaciones foliares de Krysol (0,3 y 0,6 %) aumentaron de forma significativa el nivel de K en relación al control y al nitrato potásico, el menor valor de Ca se obtuvo con el Krysol al 0,3%. Durante el ensayo, las concentraciones mas altas de Ca se alcanzaron en el control, esto refleja que la aplicación del



K antagonizó ligeramente con la absorción del Ca. En cambio, los tratamientos con K apenas mostraron influencia en la concentración foliar de Mg, ya que no se encontró el típico antagonismo K/Mg, ya que las concentraciones foliares en Mg de los árboles tratados con K fueron iguales o superiores al control. Esto puede ser debido a que el efecto antagónico del K quedó amortiguado por el elevado contenido de Mg del agua de riego. Bañuls *et al.*, (2001) obtuvieron una respuesta similar en una plantación de clementina de Nules tratada por vía foliar con dosis crecientes de nitrato potásico. Este elevado contenido de Mg en las aguas de riego pudo también ser la causa de que en el primer año del estudio, 2008, las concentraciones de K fueran inferiores a las de Mg, siendo lo normal la situación contraria, ya que se venía realizando una fertilización potásica insuficiente en esta parcela. Por ello, se hicieron elevados aportes de K (412, 436, 300 y 450 g de K<sub>2</sub>O por árbol para 2008, 2009, 2010 y 2011, respectivamente, con un valor medio de 400, lo que supone 204 Kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, un 30 % superior a lo recomendado por Quiñones *et al.* (2007). De este modo, el nivel de K foliar mejoró desde nivel bajo en 2008 a óptimos en los restantes años.

Con el fin de facilitar la comprensión del significado nutricional de estos cambios en la concentración de K, se recuerdan que los valores de los rangos de concentración foliar de potasio (% de K sobre peso seco) establecidos para clementinos por Legaz y Primo-Millo (1988) son: muy bajo (<0,5), bajo (0,5-0,7), óptimo (0,71-1,00), alto (1,01-1,30) y muy alto (>1,30). Lo expuesto anteriormente indica que si el agua de riego tiene una alta concentración en Mg es preciso aumentar los aportes de este elemento vía suelo y foliar para mantener un relación óptima (K/Mg) tanto en el suelo como en la planta (Legaz *et al.*, 2008).

**Tabla 1a.** Efecto de los tratamientos sobre la concentración de macronutrientes<sup>Z</sup> en hojas brotación de la primavera en clementina de Nules.

(% peso seco) <sup>Z</sup>							
Tratamientos	N	P	K	Mg	Ca	Na	S
To. Control	2,30	0,120	0,47	0,53	5,1	0,080b	0,28
T1. Krysol suelo	2,33	0,119	0,48	0,52	4,9	0,096ab	0,27
T2. Krysol 0,3 %	2,33	0,117	0,53	0,55	5,1	0,106a	0,29
ANOVA <sup>X</sup> (21/11/2008) <sup>Y</sup>	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS
To. Control	2,34	0,132	0,95	0,55	4,2	0,070a	0,26
T1. Krysol suelo	2,32	0,128	1,05	0,56	4,1	0,056b	0,27
T2. Krysol 0,3 %	2,33	0,131	1,10	0,53	4,1	0,63ab	0,27
ANOVA (27/11/2009)	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS
To. Control	2,50	0,113	0,91b	0,44	3,6a	0,061	0,24
T1. Krysol suelo	2,44	0,110	0,98ab	0,44	3,6a	0,063	0,24
T2. Krysol 0,3 %	2,49	0,109	1,00ab	0,45	3,5ab	0,070	0,24
T3 Krysol 0,6 %	2,47	0,112	1,10a	0,46	3,3b	0,067	0,24
T4. N.P. 0,6 %	2,58	0,121	1,00ab	0,47	3,4ab	0,072	0,25
ANOVA (30/11/2010)	NS	NS	*	NS	*	NS	NS
To. Control	2,32	0,104	0,61c	0,51	4,4a	0,048c	0,25
T1. Krysol suelo	2,35	0,102	0,77ab	0,45	3,9bc	0,063ab	0,23
T2. Krysol 0,3 %	2,33	0,099	0,82a	0,47	3,8c	0,071a	0,24
T3. Krysol 0,6 %	2,38	0,109	0,87a	0,52	4,1abc	0,074a	0,27
T4. N. P. 0,6 %	2,34	0,098	0,68bc	0,50	4,2ab	0,054bc	0,23
ANOVA (30/11/2011)	NS	NS	**	NS	*	***	NS

<sup>Z</sup>: Cada valor es la media de 4 repeticiones.

<sup>Y</sup>: Fecha muestreo hojas.

<sup>X</sup>: Diferencias entre medias debidas a los tratamientos no significativa (NS para P>0,05; \*: significativas para p<0,05; \*\*: significativas para p<0,01;\*\*\*: significativas para p<0,001. Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos (Test LSD-Fisher).

**Tabla 1b.** Efecto de los tratamientos sobre la concentración de micronutrientes en las hojas de la brotación de primavera en clementina de Nules.

(mg kg <sup>-1</sup> peso seco) <sup>Z</sup>					
Tratamientos	Fe	Zn	Mn	Cu	B
To. Control	115,9	33,9c	22,7c	5,5b	39,6
T1. Krysol suelo	118,8	52,8a	35,8a	9,5a	41,0
T2. Krysol 0,3 %	111,7	41,9b	29,2b	9,2a	38,9
ANOVA <sup>X</sup> (21/11/2008) <sup>Y</sup>	NS	***		***	NS
To. Control	51,4	17,3	11,3	4,4b	43,2
T1. Krysol suelo	48,1	19,6	12,8	5,3a	52,9
T2. Krysol 0,3 %	48,6	18,6	12,0	4,9ab	49,3
ANOVA (27/11/2009)	NS	NS	NS	**	NS
To. Control	60,1a	15,3	13,4b	4,0	53,1b
T1. Krysol suelo	59,3a	18,6	14,6ab	4,4	89,5a
T2. Krysol 0,3 %	52,5ab	18,1	15,3a	4,3	93,1a
T3 Krysol 0,6 %	59,7a	19,5	14,1ab	4,5	93,7a
T4. N.P. 0,6 %	46,8b	15,6	11,5c	4,0	58,4b
ANOVA (30/11/2010)	**	NS	**	NS	***
To. Control	44,7bc	20,7c	10,7c	6,0	34,6
T1. Krysol suelo	53,6a	38,7a	11,0ac	6,8	40,1
T2. Krysol 0,3 %	50,8ab	42,8a	13,5a	7,0	38,3
T3. Krysol 0,6 %	50,1ab	38,7a	13,0ab	6,4	36,3
T4. N. P. 0,6 %	49,0ab	32,7b	12,9ab	6,3	41,1
ANOVA (30/11/2011)	*	***	*	NS	NS

<sup>Z,Y,X</sup>: Pie tabla 1a.

La aplicación de K con el Krysol o nitrato potásico mostró un efecto inconsistente en relación a la con-

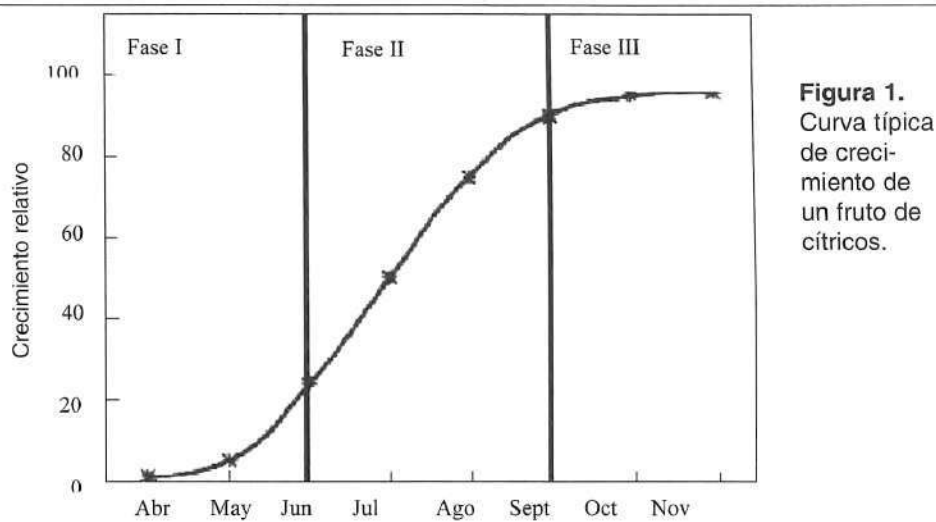
centración foliar de Na en los 4 años estudiados.



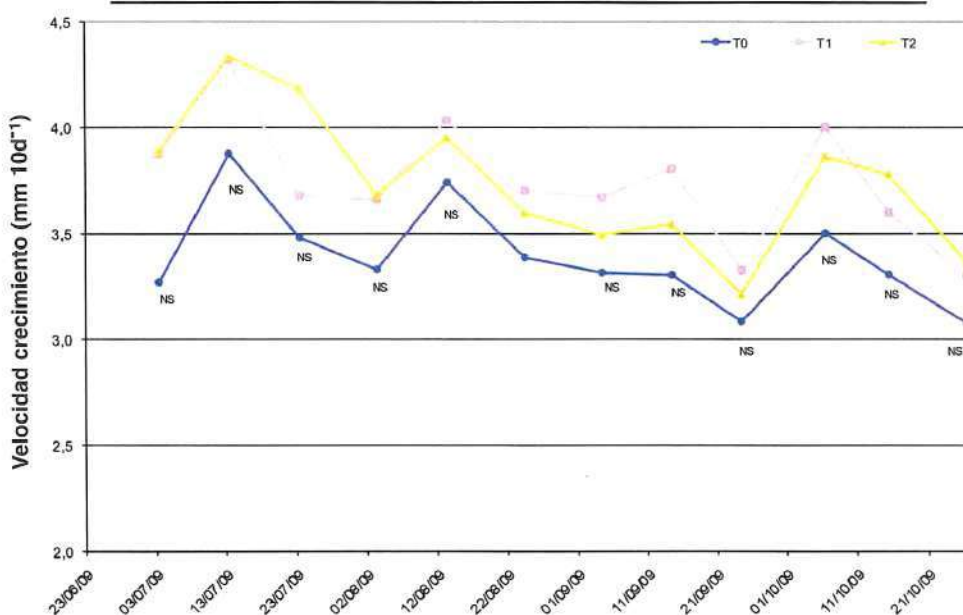
En general, los aportes de K en forma Krisol III y nitrato de potasio mejoraron la nutrición de los micronutrientes (Tabla 1b) en relación al tratamiento sin aplicación de K (control).

**b. Contenido en clorofilas e índice de SPAD.** En la tabla 2 se presentan los resultados de la concentración en clorofila a, b y total e índice de SPAD en el momento del muestreo de las hojas de la brotación de primavera. Los tratamientos no influyeron de forma significativa en estos parámetros, esto parece evidente, ya que no se ha encontrado una correlación positiva entre valores foliares crecientes de K y los parámetros mencionados. En cambio, si se ha demostrado que existe una correlación positiva entre la concentración foliar de N y las clorofilas, debido a que el N es un constituyente principal de los complejos captadores de luz y de los centros de reacción, en los cuales este pigmento se asocia con proteínas para formar los complejos proteína-clorofila (Brede-meier y Schmidhalter, 2001).

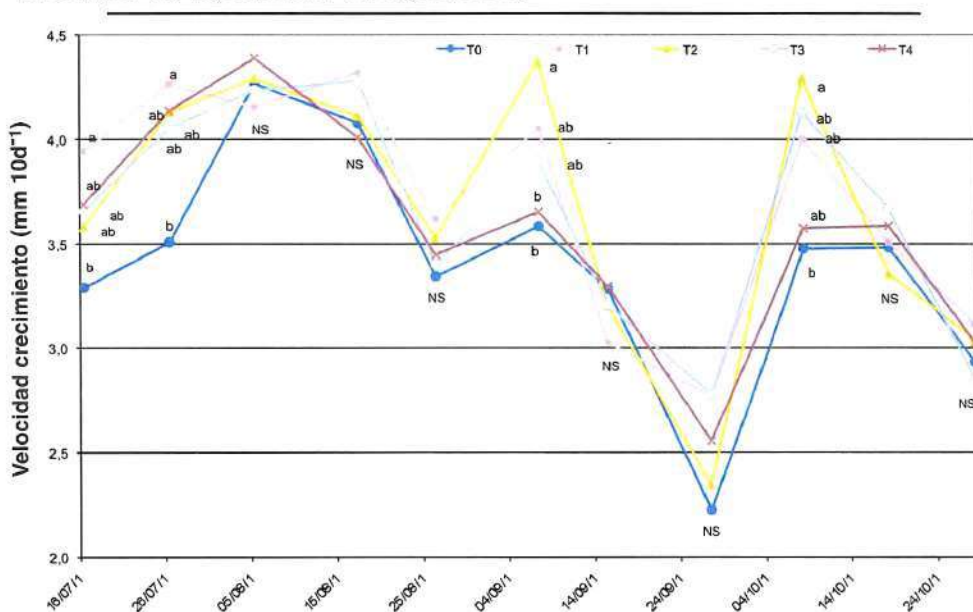
**c. Cambios estacionales del crecimiento del fruto.** Bain (1958) describió que el desarrollo del fruto de los cítricos se ajusta a una curva sigmoideal desde la antesis (apertura de las anteras) hasta su maduración, caracterizada por 3 fases muy diferenciadas (Fig. 1). La fase I abarca desde el inicio de la floración hasta el final de la caída fisiológica de los frutos (final junio/principio de julio) y se caracteriza por un rápido crecimiento provocado por la división celular. La fase II comprende desde el final de la caída fisiológica del fruto hasta poco antes de su cambio de color, en esta fase se produce un agrandamiento celular. La fase III comprende todos los cambios asociados a su maduración y se caracteriza por una reducida tasa de crecimiento mientras el fruto se mantiene en el árbol.



**Figura 1.** Curva típica de crecimiento de un fruto de cítricos.



**Figura 2.** Efecto de los tratamientos sobre la velocidad estacional de crecimiento del fruto por periodos de 10 días desde el final del cuajado (principio de julio) hasta la maduración (principio de noviembre) del año 2009. To. Control. T1. Krysol suelo. T2. Krysol 0,3 %.



**Figura 3.** Efecto de los tratamientos sobre la velocidad estacional de crecimiento del fruto por periodos de 10 días desde el final del cuajado (principio de julio) hasta la maduración (principio de noviembre) del año 2010. To. Control. T1. Krysol suelo. T2. Krysol 0,3 %. T3. Krysol 0,6 %. T4. Nitrato potásico 0,6%.



**Tabla 2.** Efecto de los tratamientos sobre la concentración de clorofilas e índice de SPAD en las hojas de la brotación de primavera en clementina de Nules.

Tratamientos	(µg. g <sup>-1</sup> peso seco) <sup>Z</sup>			Índice SPADZ
	Clorofila a	Clorofila b	Clorofila total	
To. Control	3.100	1.400b	4.500	62,6
T1. Krysol suelo	3.225	1.750a	4.975	59,7
T2. Krysol 0,3 %	3.075	1.350b	4.425	61,6
ANOVA <sup>X</sup> (21/11/2008) <sup>Y</sup>	NS	*	NS	NS
To. Control	2.525	1.175	3.700	65,5
T1. Krysol suelo	2.600	1.325	3.925	66,6
T2. Krysol 0,3 %	2.650	1.200	3.850	66,4
ANOVA (27/11/2009)	NS	NS	NS	NS
To. Control	3.667	1.868	5.535	67,3
T1. Krysol suelo	3.622	1.778	5.400	67,3
T2. Krysol 0,3 %	3.352	1.485	4.837	65,9
T3 Krysol 0,6 %	3.330	1.462	4.792	64,7
T4. N.P. 0,6 %	3.622	1.778	5.400	67,3
ANOVA (30/11/2010)	NS	NS	NS	NS
To. Control	3.100	1.575	4.675	68,2
T1. Krysol suelo	3.350	1.600	4.950	70,4
T2. Krysol 0,3 %	3.200	1.550	4.750	67,0
T3. Krysol 0,6 %	3.150	1.400	4.550	67,6
T4. N.P. 0,6 %	3.200	1.800	5.000	68,8
ANOVA (30/11/2011)	NS	NS	NS	NS

Z,Y, X: Pie tabla 1a.

En este estudio se ha determinado la tasa de crecimiento estacional del fruto a partir del incremento de tamaño de éste entre periodos contiguos de 10 días de las fases II y III durante dos años. El estudio estadístico de la velocidad de crecimiento del año 2009 (Figura 2) refleja que los frutos de los árboles del tratamiento control (To) mostraron un crecimiento estacional inferior al resto de tratamientos (T1, T2).

En el año 2010, los valores medios del diámetro de la fase II mostraron una velocidad de desarrollo creciente (entre 3 y 4 mm cada 10 días) desde el 3 hasta el 16 de julio (Figura 3). Para el 26 de ese mes, la velocidad de crecimiento sobrepasó el valor de 0,4 mm por día (excepto en el tratamiento control) y mantuvo este ritmo hasta la mitad de agosto. Hacia el final de ese mes, se observó un descenso en el ritmo de crecimiento que se recuperó al inicio de septiembre, sobre todo, en los tratamientos con Krysol y para finales de este mes se alcanzaron las menores tasas (en torno 0,25 mm día<sup>-1</sup>). Para

el principio de octubre, se consiguió la 2ª tasa de crecimiento más elevada en los tratamientos con Krysol (próximo a 4 mm 10<sup>-1</sup>). A partir de este momento (se inicia la III fase) y hasta el cambio de color del fruto (final de octubre) se redujo notablemente la tasa de crecimiento (en torno a 0,35 mm por día). Al inicio de la maduración, el fruto alcanzó un diámetro medio de unos 60 mm (Tabla 3b). En 2009 (Figura 2), se obtuvo una pauta estacional del crecimiento del fruto similar a la descrita.

El estudio estadístico de la tasa de crecimiento (Figura 3), refleja que los frutos de los árboles del tratamiento control (To) mostraron una tasa crecimiento significativamente inferior a los tratamientos con Krysol en los momentos de máximo crecimiento del fruto durante julio, principio de septiembre y de octubre.

#### d. Producción y calidad del fruto.

**Producción.** La cosecha apenas se modificó con los tratamientos aplicados y se mantuvo con valores muy

similares a lo largo de los cuatro años (Tabla 3a). Esto parece evidente, ya que los tratamientos se aplicaron con posterioridad a la finalización del cuajado del fruto. Los tratamientos tampoco afectaron de forma significativa al peso del fruto y el número de éstos por árbol en el momento de la recolección (ambos parámetros conforman la producción por árbol).

**Calidad del fruto.** Los tratamientos con las diferentes fuentes de K no influyeron de forma significativa en el diámetro final del fruto, ni en los calibres de éste en relación al control (Tabla 3b). Con independencia de los tratamientos, esta parcela mostró una buena calidad comercial de los frutos, ya que los porcentajes de calibres no comerciales inferiores a 50 y superiores 78 mm de diámetro fueron muy bajos durante todo el ensayo.

Los tratamientos con K tuvieron un efecto inconsistente en relación al espesor del corteza (Tabla 3c). Excepto el año 2010, los tratamientos influyeron de forma significativa en los porcentajes de corteza más pulpa y zumo. Esto tiene poca relevancia comercial, ya que los valores de estos parámetros se encuentran dentro de los rangos considerados óptimos.

Los tratamientos con Krysol originaron una tendencia a incrementar el contenido en sólidos solubles del zumo con respecto al control en la mayoría de los años. También aumentó de forma significativa la acidez con las aplicaciones Krysol en relación al control, sobre todo, y al nitrato potásico. Esta respuesta es interesante para aquellas variedades en que se reduce la acidez con el tiempo o que, de por sí, tienen un contenido muy bajo de ésta. Los mayores incrementos en la acidez que en azúcares produjo índices de madurez (sólidos solubles/acidez total) más altos con las aplicaciones de K.



**Tabla 3a.** Efecto de los tratamientos sobre la producción

Tratamientos	Producción (Kg-árbol <sup>-1</sup> ) <sup>Z</sup>	Peso fruto (g) <sup>Z</sup>	Nº frutos (nº-árbol <sup>-1</sup> ) <sup>Z</sup>
To. Control	37,8	86,9	435
T1. Krysol suelo	41,4	85,9	485
T2. Krysol 0,3 %	40,1	86,2	466
ANOVA <sup>X</sup> (24/11/2008) <sup>Y</sup>	NS	NS	NS
To. Control	33,3	92,3	365
T1. Krysol suelo	38,5	100,0	387
T2. Krysol 0,3 %	37,7	101,1	373
ANOVA (2/11/2009)	NS	NS	NS
To. Control	37,7	97,6	386
T1. Krysol suelo	41,9	89,7	467
T2. Krysol 0,3 %	39,8	98,6	404
T3 Krysol 0,6 %	43,8	97,0	452
T4. N.P. 0,6 %	38,1	104,2	366
ANOVA (8/11/2010)	NS	NS	NS
To. Control	42,8	95,2	450
T1. Krysol suelo	46,6	100,0	468
T2. Krysol 0,3 %	45,9	99,7	460
T3. Krysol 0,6 %	47,1	98,1	480
T4. N.P. 0,6 %	43,9	90,1	487
ANOVA (1/12/2011)	NS	NS	NS

Z,Y: Pie tabla 1a.

X: Fecha muestreo frutos.

**Tabla 3b.** Efecto de los tratamientos sobre el diámetro del fruto y la distribución de los calibres en clementina de Nules.

Tratamientos	Diámetro fruto (mm) <sup>Z</sup>	Intervalos del diámetro para calibres comerciales (mm)				
		>78,0 (%) <sup>Z</sup>	78,0-67,1 (%)	67,0-58,1 (%)	58,0-50,0 (%)	<50,0 (%)
To. Control	58,9	0,0	7,6	54,6	36,2	1,5
T1. Krysol suelo	58,9	0,0	6,1	58,1	33,6	2,2
T2. Krysol 0,3 %	59,3	0,0	9,9	55,0	33,5	1,6
ANOVA <sup>X</sup> (24/11/2008) <sup>Y</sup>	NS	NS	NS	NS	NS	NS
To. Control	57,3	0,0	3,6	38,9	50,3	7,2
T1. Krysol suelo	59,0	0,0	6,7	49,7	38,9	4,7
T2. Krysol 0,3 %	58,2	0,0	2,9	51,0	42,1	4,0
ANOVA (2/11/2009)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
To. Control	58,4	0,0	10,2	48,4	38,2	3,2
T1. Krysol suelo	58,2	0,0	9,8	48,1	37,7	4,4
T2. Krysol 0,3 %	59,1	0,0	11,9	52,8	32,6	2,7
T3 Krysol 0,6 %	59,7	0,0	11,1	58,7	29,0	1,2
T4. N.P. 0,6 %	60,8	0,0	22,3	54,3	22,2	1,3
ANOVA (8/11/2010)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
To. Control	58,4	0,8	18,6	51,9	27,9	0,8
T1. Krysol suelo	58,2	0,9	21,3	52,9	23,3	1,6
T2. Krysol 0,3 %	59,1	0,4	16,8	52,9	28,1	1,8
T3. Krysol 0,6 %	59,7	1,0	26,5	52,2	19,5	0,7
T4. N.P. 0,6 %	60,8	1,2	18,6	50,1	26,8	3,3
ANOVA (1/12/2011)	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Z,Y: Pie tabla 1a.

X: Fecha muestreo frutos.

**Tabla 3c.** Efecto de los tratamientos sobre la calidad del fruto.

Tratamientos	Espesor corteza (mm)	Corteza + pulpa (%)	Zumo (%)	Sólidos solubles (°Brix)	Acidez total (%)	Índice madurez (%)	Índice color
To. Control	3,0b	48,1b	51,9a	13,9b	0,89b	15,6a	12,5
T1. Krysol suelo	3,4a	50,9a	49,1b	15,2a	1,14a	13,3b	13,0
T2. Krysol 0,3 %	3,3a	48,2b	51,8a	14,3b	1,00b	14,3b	12,3
ANOVA <sup>X</sup> (24/11/2008) <sup>Y</sup>	*	*	*	*	**	*	NS
To. Control	2,2b	45,1b	54,9a	11,8a	0,92a	12,8	-0,52
T1. Krysol suelo	2,4ab	47,4a	52,6b	12,6b	0,99b	12,7	0,93
T2. Krysol 0,3 %	2,6a	48,0a	52,0b	12,5a	0,97ab	12,9	0,99
ANOVA (2/11/2009)	*	*	*	*	*	NS	NS
To. Control	2,9	50,8	49,2	12,7b	1,00b	12,7	3,8ab
T1. Krysol suelo	2,8	51,5	48,7	13,6a	1,14a	11,9	4,5a
T2. Krysol 0,3 %	2,8	52,5	47,5	13,5a	1,13a	11,9	4,0b
T3 Krysol 0,6 %	2,9	51,0	48,9	13,5a	1,16a	11,6	4,7a
T4. N.P. 0,6%	3,0	53,3	46,6	12,9ab	1,03b	12,5	2,2b
ANOVA (8/11/2009)	NS	NS	NS	*	**	NS	*
To. Control	3,5a	47,5b	52,7a	14,6	1,02b	14,3a	10,3b
T1. Krysol suelo	3,9a	52,2a	47,8b	15,6	1,19a	13,1b	14,9a
T2. Krysol 0,3 %	3,6a	50,6a	49,4b	15,0	1,18a	12,7b	13,6a
T3. Krysol 0,6 %	3,1b	50,7a	49,3b	15,7	1,18a	12,6b	13,9a
T4. N.P. 0,6%	3,6a	48,0b	52,0a	15,3	1,14ab	13,4b	10,3b
ANOVA (1/12/2011)	*	***	***	NS	*	*	***

Z,Y: Pie tabla 1a.

X: Fecha muestreo frutos.

La aplicación de K con el Krysol dio lugar a valores mas elevado del índice de color, y esto supone una

mejora en la coloración externa típica del fruto para la misma época de recolección. La época de muestreo

del fruto influye notablemente en los valores de este índice, de modo que los valores más bajos (colores más verdosos) se obtuvieron en la fecha más temprana de toma de muestras (2 de noviembre de 2009).

## CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos con los aportes de K procedentes de diferentes fuentes en este estudio se deduce que:

1.- La aplicación de Krysol III aumentó la concentración foliar de K con relación a los árboles no tratados, siendo más eficiente la aplicación foliar que la del suelo. El mayor incremento en el nivel foliar de K se consiguió con el Krysol aportado al 0.6 %. El K aplicado con el nitrato potásico mostró una respuesta inferior al procedente del Krysol. Adicionalmente, el K aplicado con ambas fuentes mejoró el estado nutritivo de los micronutrientes.



2.- La aplicación de K incrementó tanto los sólidos solubles como la acidez del fruto en relación a los árboles no tratados, obteniéndose mayor respuesta con el K procedente del Krysol. Esto es de notable interés para aquellos cultivares que vienen mostrando una baja concentración en estos parámetros.

3.- Los frutos de los árboles tratados con Krysol mostraron un índice de color significativamente más alto que los del control y los tratados con nitrato potásico, esto es favorable para su comercialización, ya que presentan una coloración más intensa.

4.- La tasa estacional del crecimiento del fruto fue siempre superior con la aplicación de K, aunque el diámetro y el peso de los frutos maduros fue similar para todos los tratamientos. En los momentos de máxima tasa, el K suministrado como Krysol respondió mejor que el aportado como nitrato potásico. Por otro lado, los tratamientos con K no afectaron de forma significativa a los calibres comerciales ni a los no comerciales.

5.- Los tratamientos con K no influyeron de forma significativa en la concentración de clorofilas e índice de SPAD con respecto al control.

## AGRADECIMIENTOS

Queremos dar las gracias, especialmente, a Eduardo Casanova que amablemente nos dejó la parcela utilizada para la ejecución del presente trabajo. Nuestro agradecimiento a R. Pardo, M. C. Prieto, J. Giner y T. Estellés por su apoyo técnico.

## BIBLIOGRAFÍA

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. y Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements). FAO Irrigation and Drainage. Paper N° 56, FAO, Rome.
- Bain, J.M. 1958. Morphology, anatomical and physiological changes in the developing fruit of the Valencia orange, *Citrus sinensis* (L.) Osbeck. Austral. J. Bot. 6: 1-28.
- Bañuls, J., Quiñones, A., Martín, B., Primo-Millo, E. y Legaz, F. 2001. Efecto complementario de la aplicación foliar de nitrato potásico sobre la nutrición del potasio y la calidad del fruto en clementina de Nules. Levante Agrícola, 358: 368-375.
- Bredemeier, C., Schmidhalter, U. 2001. Laser-induced chlorophyll fluorescence to determine the nitrogen status of plants. In: WJ Horst et al. (eds.) Plant nutrition- Food security and sustainability of agroecosystems. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 726-727.

- Bremner, J.M. 1965. Total Nitrogen, p. 1149-1178. In: Methods of Soil Analysis. Part 2. C.A. Black, DD Evans, JL While, LE. Ensminger (eds.). American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin. USA.
- Castel, JR. 1991. El riego de los cítricos. Hortofruticultura 5: 41-52.
- González-Sicilia, E. 1968. El cultivo de agrios. (3ª Edición). Ediciones Bello, pp 805.
- Jiménez Cuesta, M., Cuquerella, J. and Martínez-Jávega, J.M. 1981. Determination of a colour index for citrus fruit degreening. Proc. Int. Soc. Citriculture, 2: 750-753.
- Legaz, F. y Primo-Millo, E. 1988. Normas para la fertilización de los agrios. Serie Fullets Divulgació n° 5-88. Conselleria d'Agricultura i Pesca. Generalitat Valenciana, 29 pp.
- Legaz, F., Serna, M.D., Muñoz, N., Martín, B. y Primo-Millo, E. 1997. Alteración de la relación potasio/magnesio en la planta y en el medio de cultivo mediante el aporte de magnesio en riego localizado por goteo. Actas de Horticultura (SECH), 20: 536-543. I Congreso Ibérico y III Nacional de Fertilización. Mayo, 1997. Murcia.
- Legaz, F., Bañuls, J. y Primo-Millo, E. 2000. Influencia del abonado en la calidad del fruto. IV Congreso de Citricultura de la Plana. Ajuntament de Nules. Serie de Estudis i Investigacions n° 11: 163 - 178. Marzo, 1999. Nules. Castellón
- Legaz, F., Quiñones, A., Martínez-Alcántara, B. y Primo-Millo, E. 2008. Fertilización de los cítricos en riego a goteo (II): Mg y microelementos. Levante Agrícola, 390: 8-12.
- Quiñones, A., Martínez-Alcántara B., Primo-Millo, E. y Legaz, F. 2007. Fertilización de los cítricos en riego a goteo (I): N, P y K. Levante Agrícola: 389, 380-385
- Wittwer, S. H., M.J. Bukovac, and H.B. Tukey. 1963. Advances in foliar feeding of plant nutrients, p. 429-455. In: M.H. McVickar, G.L. Bridger, and L.B. Nelson (eds.). Fertilizer technology and usage. Amer. Soc. Agron., Madison, Wis.

# NOMBRAMIENTO DE EDUARDO PRIMO COMO NUEVO DIRECTOR DEL INSTITUTO VALENCIANO DE INVESTIGACIONES AGRARIAS

El pasado mes de mayo, el Consejo Rector del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) aprobó el nombramiento, a propuesta de la Dirección General de Producción Agraria y Ganadería de la Conselleria de Presidencia y Agricultura, Pesca, Alimentación y Agua, de **Eduardo Primo Millo** como nuevo director del centro investigador.

Eduardo Primo acredita un extenso currículum investigador en el sector de la citricultura, así como una dilatada trayectoria profesional en materias de gestión de la innovación y el desarrollo tras haber desempeñado el cargo de Director General de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación en la Conselleria de Agricultura, desde julio de 1993 hasta mayo de 2008.

El nuevo director del IVIA sustituirá a **Florentino Juste**, que había solicitado su

relevo a los responsables de la Conselleria tras un largo periodo de permanencia en el puesto.

En este sentido, la Generalitat agradece al anterior director su dedicación al IVIA y su trabajo al frente de este centro de investigación, una labor que ha contribuido a consolidar al IVIA como un centro de referencia en España en el campo de la investigación agraria, especialmente en el desarrollo de nuevo material vegetal, lucha contra plagas y enfermedades, tecnologías y métodos para reducir costes de producción, ahorro y gestión del agua, o la reducción del uso de productos fitosanitarios, entre otros.

Por otra parte, el Consejo Rector fue informado de la constitución del Consejo Científico del IVIA, cuyas funciones principales son la detección de las necesidades científico-técnicas del sector agroalimentario, en cooperación con la iniciativa privada, y la propuesta de programas de actuación, así como orientar la actuación del IVIA en

el marco de la política agrícola y de investigación e innovación tecnológica fijada por el Gobierno Valenciano.

En concreto, el Consejo Científico ha quedado constituido por investigadores internos elegidos por el propio personal del centro, **Fernando Pomares**, **Manuel Talón** y **Luis Navarro**; investigadores externos al IVIA, **Manuel Agustí**, **Salvador López** y **Ricardo Server**; y los representantes de la Conselleria de Educación, el Director General de Universidades, **Jose Miguel Saval**, y el Director General de la Agencia de Evaluación y Prospectiva, **Jacobo Navarro de Peralta**.

Estos cambios en la estructura orgánica del IVIA se ajustan a lo anunciado el pasado mes de febrero por el conseller de Presidencia y Agricultura, Pesca, Alimentación y Agua, **José Císcar**, para potenciar y reforzar el papel de la I+D+i al servicio del sector agroalimentario de la Comunitat.